

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 07-078698

(43) Date of publication of application : 20.03.1995

(51) Int.Cl. H05H 1/46

B01J 19/08

(21) Application number : 05-226107 (71) Applicant : TOSHIBA CORP

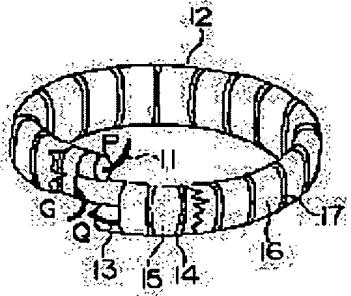
(22) Date of filing : 10.09.1993 (72) Inventor : SUGAI HIDEO
ICHIHARA KATSUTARO
YASUDA NOBURO
OKUBO MICHIKO

(54) METHOD AND DEVICE FOR INDUCTION COUPLING HIGH FREQUENCY
DISCHARGE

(57)Abstract:

PURPOSE: To establish a method and provide a device for induction coupling type high frequency discharging, with which generation of impurities due to an electrostatic field can be suppressed easily.

CONSTITUTION: A discharge plasma is produced by feeding high frequency current to a loop-form conductor 12 for generating a varying magnetic field, and therefore, the loop-form conductor 12 is enclosed with a conductor on the ground side to become a passage for the feedback current so that openings 14, 17



are provided partially, and thereby the loop-form conductor is shielded electrostatically. The high frequency discharge device concerned of induction coupling type included a discharge vessel where the crude gas supply system and exhaust system are connected and the mentioned loop-form conductor 12 which is connected with a high frequency source and produces a discharge plasma of induction coupling type within the said discharge vessel. This 12 is covered with the ground side conductor as passage for the feedback current. i.e., a return line 13, and shield plates 15, 16 in such a manner that the openings 14, 17 are provided partially, which was described above.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-78698

(43)公開日 平成7年(1995)3月20日

(51)Int.Cl.⁶

H 05 H 1/46
B 01 J 19/08

識別記号 庁内整理番号

L 9014-2G
E 8822-4G

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全7頁)

(21)出願番号	特願平5-226107	(71)出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22)出願日	平成5年(1993)9月10日	(72)発明者	菅井 秀郎 愛知県春日井市中新町2丁目4番6号
		(72)発明者	市原 勝太郎 神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社 東芝柳町工場内
		(72)発明者	安田 修朗 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝研究開発センター内
		(74)代理人	弁理士 須山 佐一

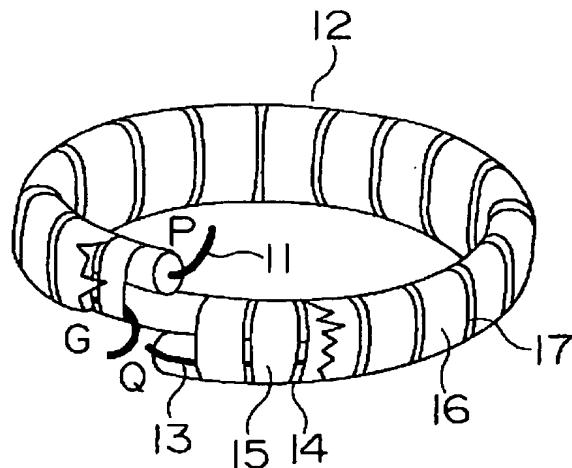
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 誘導結合型高周波放電方法および誘導結合型高周波放電装置

(57)【要約】

【目的】 誘導結合型高周波放電において、静電界による不純物の発生等を容易に抑制することを可能にした誘導結合型高周波放電方法および誘導結合型高周波放電装置を提供する。

【構成】 ループ状導体に高周波電流を通電し、変動磁界を発生させることにより放電プラズマを生成するにあたり、ループ状導体の周囲を、一部に開口部が設けられるように、帰還電流の通路となる接地側の導体で覆い、ループ状導体を静電シールドする。誘導結合型高周波放電装置は、原料ガス供給系と排気系とが接続された放電容器と、高周波源に接続され、放電容器内に誘導結合型の放電プラズマを生成するループ状導体12とを有する。ループ状導体12は、その周囲が帰還電流の通路となる接地側の導体、すなわち戻り線13とシールド板15、16とで、一部に開口部14、17が設けられるように覆われている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ループ状導体に高周波電流を通電し、変動磁界を発生させることにより放電プラズマを生成する誘導結合型高周波放電方法において、前記ループ状導体の周囲を、一部に開口部が設けられるよう、帰還電流の通路となる接地側の導体で覆い、前記ループ状導体を静電シールドすることを特徴とする誘導結合型高周波放電方法。

【請求項 2】 原料ガス供給系と排気系とが接続された放電容器と、高周波源に接続され、前記放電容器内に誘導結合型の放電プラズマを生成するループ状導体とを具備し、前記ループ状導体は、その周囲が帰還電流の通路となる接地側の導体で、一部に開口部が設けられるよう覆われていることを特徴とする誘導結合型高周波放電装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、薄膜素子の製造等に用いられる誘導結合型高周波放電の生成方法および誘導結合型高周波放電装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 金属、半金属、半導体、酸化物・窒化物・炭化物・硼化物等の化合物、炭化水素・炭化弗素もしくはシロキサン結合鎖等を有する有機化合物等を構成要素とする薄膜を具備する素子は、LSI、磁気記録素子、光記録素子等の記憶装置、半導体レーザ、光電変換素子等の通信機器、平面ディスプレイ、固体撮像素子等の表示装置、太陽電池等のエネルギー機器等、多種多様な装置の主要部品に応用されており、今後機器の小形化、高性能化を進展させるための必須部品として技術的進展が期待されている。

【0003】 上述したような薄膜素子の製造には、スピンドルコート法、ウェットエッティング法等の液相を主体として実施される方法もあるが、素子構造の微細化、高性能化を促進する上では、PVD法、CVD法、CDE法、RIE法等の気相を主体として用いる方法が適している。気相を主体とする方法は、処理体の設置された容器内に原料ガスを供給し、原料ガスを何等かの手段によって活性化し、この活性種を処理体表面に供給して、薄膜の形成もしくはエッティング等の加工を行う方法ということができる。

【0004】 原料ガスの活性化手段には、熱CVD法、光CVD法のように、原料ガスの熱分解、光分解を使用するものもあるが、主に用いられている手段は、原料ガスの放電プラズマを生成して活性種を生成するものである。この手段によるものとしては、薄膜形成法として、活性化反応性蒸着法、イオンプレーティング法、スパッタリング法、プラズマCVD法等を挙げることができ、また加工方法としては、CDE法、RIE法等を挙げることができる。いずれの方法においても、原料ガスをい

かにして活性化するか、すなわちいかにして放電プラズマを生成するかが、膜質、膜形成速度、膜加工形状、膜加工速度等の重要な因子を支配する。

【0005】 上述した放電プラズマの生成方法としては、容量結合型と誘導結合型とに大別できる。容量結合型は、放電生成用の電極とその対向電極もしくは放電容器の間に、直流もしくは交流の電圧を印加して、放電容器内部に放電プラズマを生成する方式である。交流を印加する場合には、通常、放電生成電極と電源との間に直流遮断容量を設け、電極近傍に陰極降下部を形成し、電極から2次電子を効率よく発生させて、放電を維持しやすくなるのが通常である。直流の場合も交流の場合も、放電生成電極に処理体を設置する場合には、陰極降下部が処理体表面に入射するイオンや電荷転移衝突で生成される中性ラジカルのエネルギーを決定するため、特に薄膜の加工を行う場合の加工形状に対して重要である。また、対向電極側に処理体を設置する場合には、プラズマ密度、プラズマ中の電子温度等のプラズマパラメータで決まるプラズマ電位、もしくはそれと浮動電位の和が試料に入射するイオンあるいはラジカルのエネルギーを決定する。

【0006】 容量結合型放電における最大の技術課題は、陰極降下電圧やプラズマパラメータが相互に密接に関連し合うために、試料面に入射する活性種の密度とエネルギーを独立に制御するのが困難な点である。このような課題が存在するために、例えば処理速度を向上させるために放電入力を増加させると、イオンの入射エネルギーが過剰となり、薄膜にダメージを与える等、工業的発展に大きな疎外要因を与えている。また、基本的に電極付近にのみ高密度プラズマが生成されるため、大形の処理体を扱う場合には、処理体よりもかなり大きな電極を必要とし、装置の大型化・高価格化等を招きやすいという課題も有している。

【0007】 一方、誘導結合型は、放電容器内部もしくは外部に設置されたループ状導体（アンテナ）に高周波電流を通電し、電磁的結合によって放電容器内部に変動磁界を発生させることにより高周波電界を原料ガスに印加して放電プラズマを生成する方式である。容量結合型とは異なり、誘導結合型における処理体は、放電プラズマで生成した活性種を十分に取り込む程度の位置に設置された、放電生成用とは独立の電極もしくは単なる支持台上に配置することができる。従って、プラズマ密度を増加すべく放電入力を増加させた場合でも、処理体面上に入射するイオンもしくはラジカルのエネルギーを低く抑えることができる等、プラズマ密度と処理体への入射エネルギーを独立に制御することが容易である。また、容量結合型に比べて、放電容器内部全体にプラズマが広がりやすく、放電容器の室壁に磁石アレーを設ける等して磁場閉込めを行えば、プラズマの均一性が容易に向上するため、大形の処理体に対してもそれ程大きな電

極もしくは支持台を設けなくとも適用できるという利点もある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の誘導結合型高周波放電においては、一般に、無磁場の状態もしくは外部から定常磁場を加えた状態で、原料ガスを入れた放電容器の外部または内部に設置されたコイル状アンテナに高周波電流を流す際に、高周波電源の接地側電極と高周波電極とをコイル状アンテナの両端に直接接続するだけであったため、アンテナとプラズマとの間に静電界が形成されてしまう。そして、この静電界によって、プラズマ中の荷電粒子がアンテナに向けて加速され、その結果、アンテナを放電容器内に設置した場合にはアンテナ自体がスパッタされ、またアンテナを容器外に設置した場合には、アンテナ近傍の容器壁がスパッタされてしまう。従って、不純物が多量に発生し、これらの不純物はPVD、CVD、エッティング等のいずれにおいても、プラズマ状態や膜質に深刻な影響を与える。また、放電容器内部に金属アンテナを挿入して誘導結合型高周波放電を行うと、プラズマ電位が異常に上昇して、アンテナおよび放電容器とプラズマとの間でアーキングが頻繁に発生して不安定な放電となる。そこで、金属アンテナを絶縁物で覆い、プラズマ電位を低下させて安定な放電を得るのが一般的であるが、上述したようにその絶縁物がスパッタされると共に、イオン衝撃により温度が上昇して低融点の絶縁物は融解してしまう。

【0009】本発明は、このような課題に対処するためになされたもので、プラズマ密度と処理体への活性種のエネルギーの独立制御性に優れ、かつ大形の処理体にも適用が容易な誘導結合型高周波放電において、従来問題となっていた静電界による不純物の発生やプラズマ電位の異常上昇等を容易に抑制することを可能にした誘導結合型高周波放電方法および誘導結合型高周波放電装置を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の誘導結合型高周波放電方法は、ループ状導体に高周波電流を通電し、変動磁界を発生させることにより放電プラズマを生成する誘導結合型高周波放電方法において、前記ループ状導体の周囲を、一部に開口部が設けられるように、帰還電流の通路となる接地側の導体で覆い、前記ループ状導体を静電シールドすることを特徴としている。

【0011】また、本発明の誘導結合型高周波放電装置は、原料ガス供給系と排気系とが接続された放電容器と、高周波源に接続され、前記放電容器内に誘導結合型の放電プラズマを生成するループ状導体とを具備し、前記ループ状導体は、その周囲が帰還電流の通路となる接地側の導体で、一部に開口部が設けられるように覆われていることを特徴としている。

【0012】本発明の基本概念について、1回巻きの円

形ループ状導体を例として説明する。従来の誘導結合型高周波放電においては、図12に示すように、図示しない放電容器の外部または内部に設置される円形ループ状導体（アンテナ）1の巻き始め（P点）を高周波源2に接続し、巻き終り（G点）を接地した状態で高周波放電プラズマを生成している。この円形ループ状導体1の中心をOとし、図のように円筒座標（r, θ, z）をとると、θ方向に流れる高周波電流Iによって、誘導電界がθ方向に発生する。この他に、円形ループ状導体1上に分布する電荷によって、導体1に垂直な方向（r方向とz方向）に静電界が発生する。

【0013】本発明は、上記静電界をシールドする方法および装置である。図1は、本発明の基本構成を示す図であり、周囲が絶縁された円形ループ状導体1の終点（Q点）に、短絡板3を介して、帰還電流の通路となる戻り線4を接続する。この戻り線3は、Q点からP点（巻き始め）に到達するように設ける。高周波源2が正位相の場合、P点から流入した電流Iは、ループ状導体1を通り、短絡板3を経て戻り線4を通ってG点に帰還（帰還電流I'）する。また、戻り線4には、円形ループ状導体1の周囲が帰還電流の通路となる接地側の導体で覆われるよう、導電性材料からなるシールド板5を接続する。この帰還電流が流れるシールド板5により、ループ状導体1上の電荷による静電界がシールドされる。

【0014】ここで、ループ状導体1の周囲を全て上記シールド板5で覆ってしまうと、静電界のみならず全ての電磁界をシールドしてしまい、放電を起こすことができなくなるため、シールド板5は一部に開口部が設けられるように形成する。図2および図3は、シールド板5の取り付け方法の一例を示している。図3（a）（r方向に切断した断面図）に示すように、円形ループ状導体（中心導体）1は、戻り線4とこれに接続されたシールド板5によって囲まれている。これをθ方向に沿う側面から見ると、図3（b）に示すように、例えばシールド板5は長さlで、間隙（開口部）dにより周期的に設ける。すなわち、シールド部の基本単位は、z方向の幅w、r方向の高さh、θ方向の長さl、板厚bの矩形状導体からなる。そして、このような矩形状導体を間隙（開口部）dが設けられるように、θ方向に周期的に配列する。なお、放電容器が金属製の場合には、その容器壁を戻り線4として利用することも可能である。

【0015】上記した開口部、すなわち間隙dが小さいほど、ループ導体1上の電荷が外から見えなくなり、よく静電シールドされる。また、プラズマ密度と電子温度で決まるデバイ長に比べて間隙dが大きいとき、シールド板5で囲まれたシールド部内にプラズマが侵入するため問題となる。以上の点から、間隙dは通常の放電条件では1mm以下程度とすることが好ましい。

【0016】また、シールド板5で囲まれたシールド部

の内から外へ出るとき、磁力線は図3 (b) に示すシールド板5の側面 ($l \times h$) を切って出てくる。高周波においては、この側面に渦電流が流れて磁界が打ち消されるため、シールド板5の厚さ b は表皮効果の深さに比べて小さいことが望ましい。

【0017】有限の間隙 d から漏れ出る静電界もシールドするには、例えば図4および図5に示すように、2重シールドを行うことが効果的である。すなわち、シールド板5による間隙 d を覆うように、シールド板6をかぶせ、ループ状導体1が外部からは見えない構造にする。

【0018】本発明の誘導結合型高周波放電装置は、例えば図6に示すように、半円状の導体(アンテナ)1aと同様な導体1bとをQ点の短絡板3で短絡し、高周波をP点とP'点から平衡型で給電するような構造に適用することも可能である。また、図1では戻り線4をループ状導体1の内側に設けて電磁波をrの正の方向に放射する例を示したが、この他に、戻り線4をループ状導体1の外側に設けて電磁波をrの負の方向に放射したり、あるいは戻り線4をループ状導体1の前面または背面に設けて電磁波をz方向に放射することも可能である。いうまでもなく、図6についても同様な変形が可能である。

【0019】また図1では、ループ状導体1が1回巻きの場合を示したが、一般には複数回巻いてから最後に戻り線4により全体を静電シールドする。さらに、ループ導体1の形状は、円形とは限らず、任意の形状とすることができる、静電シールドは戻り線4に沿ってループ状導体1を取り囲むことで実施できる。

【0020】本発明の誘導結合型高周波放電装置における静電シールドされたループ状導体は、放電容器の外部だけでなく、内部に設置しても従来のような問題を生じることがないため、良好に放電容器内部に設置することができる。

【0021】

【作用】例えば図2および図3において、ループ状導体(中心導体)1に流れる電流によって磁界が発生し、磁界の時間変化によって誘導電界が生まれ、放電プラズマが生成される。一方、ループ導体1上の電荷によって静電界が発生するが、この電荷に起因する電気力線は、接地されたシールド板5でループ状導体1の周囲を覆うとき、シールド板5の内壁面で終端されて外部にはもれてこない。すなわち静電シールドされる。図3 (b)において、間隙 $d=0$ のとき、ループ導体1は短絡板3の部分を除けば完全にシールド板(導体)5で覆われてしまい、静電界だけでなく、全ての電磁界がシールドされ、放電を起こすことはできなくなる。そこで、シールド部の一部に開口部(間隙 d)を設けて、磁力線は外に出られるようにし、開口部を通して電磁波を放射させる。

【0022】このように、静電界のみをシールドするこ

とにより、プラズマ中の荷電粒子がループ状導体1に向けて加速されることを抑制でき、ループ導体1自体やループ導体1近傍の容器壁がスパッタされることを大幅に抑制することが可能となる。これにより、ループ導体1等のスパッタによる不純物の発生を抑制することができる。また、静電界をシールドすることにより、プラズマ電位の異常上昇等を抑制することも可能となる。

【0023】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。

【0024】図7は、本発明の一実施例による誘導結合型高周波放電装置の要部を示す図である。同図において、11はポリエチレンで被覆された導線であり、この絶縁被覆導線11を時計方向に2回巻いてループ状導体12が形成されている。絶縁被覆導線11の終点(Q点)には、戻り線(裸の銅線)13が接続されており、この戻り線13は反時計方向に1回巻き戻して、G点で接地されている。また、絶縁被覆導線11は、P点で図示を省略した高周波源に接続されている。ループ状導体12の直径は約100mmとした。

【0025】これらループ状導体12および戻り線13の周囲には、約2mmの間隙(開口部14)が設けられるように、円周に沿って12等分したアルミニウムのシートが第1のシールド板15として巻かれている。また、その上部には、第2のシールド板16として、第1のシールド板15の開口部14を覆い、かつ同様な開口部17が設けられるように、アルミニウムのシートが巻かれており、2重シールドとされている。

【0026】図示を省略したが、上記静電シールドされたループ状導体12内に、原料ガス供給系と排気系とが接続された放電容器が設置され、あるいは静電シールドされたループ状導体12を放電容器内に設置し、誘導結合型高周波放電装置が構成される。処理体は、放電容器内に設置された独立の電極、もしくは単なる支持台上に配置され、所望の処理が施される。

【0027】上記静電シールドされたループ状導体12を用いて、大気中にて電磁界の測定を行った。まず、ループ状導体12に10MHzの高周波を印加し、小さな磁気プローブを用いて、ループ状導体12の面内に垂直なz方向の磁界 B_z の2次元分布を測定した。その結果を図8に示す。静電シールドしないで測定した図8(a)に示す結果と比較して、静電シールドした場合は、図8(b)に示すように、同じ電流に対して若干磁界が弱くなっているが、大きな違いは見られない。すなわち、静電シールドは、ループ状導体12により生成される磁界にほとんど影響を与えず、よって放電プラズマの生成にほとんど影響を及ぼすことがないことが分かる。

【0028】一方、同一条件で静電プローブを用いて空間の静電ポテンシャルの分布を測定した。ループ状導体12の面内のポテンシャル分布を測定してから、その電位のr方向の勾配を計算して電界 E_r を求め、2次元面

内の E_r の等高線として図 9 に示す。ループ状導体 1 2 の近くでは、図 9 (a) に示すように、静電シールドしない場合に 400 度であった E_r が、静電シールドした場合は、図 9 (b) に示すように、同一パワーで 200 度に低下している。すなわち、静電界が半分程度にシールドされたと言える。

【0029】図 10 は、本発明の他の実施例による誘導結合型高周波放電装置の要部を示す図であり、高周波放電の実験用として、絶縁物を使用せずに全て金属で作製したものである。なお、図 10 (a) は r 方向からコイル状アンテナを図示したものであり、図 10 (b) は z 方向からコイル状アンテナを図示したものである。同図において、2 1 は内部導体としての外径 6mm のステンレスパイプであり、このステンレスパイプ 2 1 は、ループ状導体 2 2 として時計方向に 2.5 回巻き、さらに戻り線 2 3 として半時計方向に 1.5 回巻き戻してある。ここで、ループ状導体 2 2 の直径は約 70mm とした。

【0030】また、シールド板 2 4 としては、幅 15mm のステンレス板を円周に沿って 10ヶ所巻き付け、戻り線 2 3 にスポット溶接で固定接続している。シールド板 2 4 の間隙 d は約 5mm とした。なお、ステンレスパイプ 2 1 の内部に水を流して、導体を冷却している。

【0031】このような構成の静電シールドされたループ状導体 2 2 を用いて、高周波放電により生成されるプラズマの密度や電位をラングミュアプローブにより、静電シールドしない場合と比較して測定した。具体的には、圧力 4mTorr のアルゴンを用いて、永久磁石で表面磁場を形成したステンレス製放電容器内で誘導結合型高周波放電を行った。図 11 は、高周波入力パワーに対するプラズマ電位の測定結果を示している。静電シールドしない場合は、プラズマ電位は 75V まで上昇し、アーキングがしばしば発生した。一方、静電シールドしたループ状導体 2 2 を用いた場合には、100W の高周波入力パワーの場合で半分程度にプラズマ電位が下がることが分かる。なお、パワーを上げるとシールドの効果が弱くなるのは、使用したループ状導体 2 2 が 1 重シールドであって、間隙 d も開きすぎているためと考えられ、より入念にシールドすればより顕著な差が得られる。なお、プラズマ密度は、シールドの有無によらず、同程度の値が得られた。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ループ状導体の周囲を静電シールドしているため、ループ状導体や放電容器壁等のスパッタによる不純物の発生を抑制することができると共に、プラズマ電位の異常上昇等を抑制することが可能となる。よって、プラズマ密

度と処理体への活性種のエネルギーの独立制御性に優れ、かつ大形の処理体にも適用が容易な誘導結合型高周波放電を有効に活用することが可能となり、例えば放電プラズマを利用する薄膜素子の製造技術等を格段に発展させることができるとなる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明における静電シールドを説明するための概念図である。

【図 2】 シールド板および戻り線による静電シールドの設置例を示す斜視図である。

【図 3】 図 2 に示す静電シールドの断面図および側面図である。

【図 4】 シールド板および戻り線による静電シールドの他の設置例を示す斜視図である。

【図 5】 図 4 に示す静電シールドの断面図および側面図である。ある。

【図 6】 本発明における他の静電シールドを説明するための概念図である。

【図 7】 本発明の一実施例による誘導結合型高周波放電装置の要部構成を示す図である。

【図 8】 図 7 に示す誘導結合型高周波放電装置によるループ状導体の面内 z 方向の磁界の 2 次元分布の測定結果を示す図であって、(a) は静電シールドしていない場合の測定結果、(b) は静電シールドした場合の測定結果である。

【図 9】 図 7 に示す誘導結合型高周波放電装置によるループ状導体の面内 r 方向の静電界の 2 次元分布の測定結果を示す図であって、(a) は静電シールドしていない場合の測定結果、(b) は静電シールドした場合の測定結果である。

【図 10】 本発明の他の実施例による誘導結合型高周波放電装置の要部構成を示す図である。

【図 11】 図 10 に示す誘導結合型高周波放電装置を用いて高周波放電を行った場合のプラズマ電位に対する静電シールド効果を静電シールドしない場合と比較して示す図である。

【図 12】 従来の誘導結合型高周波放電を説明するための概念図である。

【符号の説明】

1、1 2、2 2……ループ状導体

2……高周波源

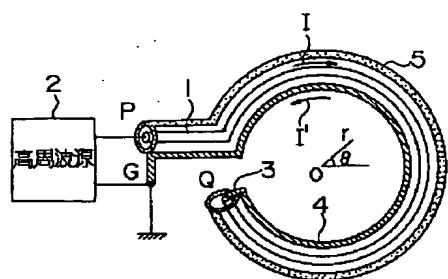
3……短絡板

4、1 3、2 3……戻り線

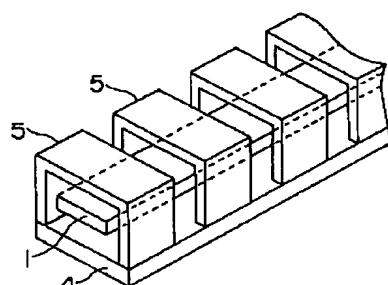
5、6、1 5、1 6、2 4……シールド板

1 4、1 7……開口部

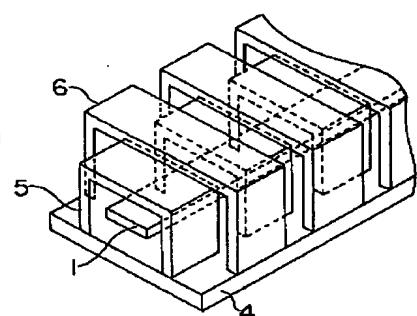
【図1】



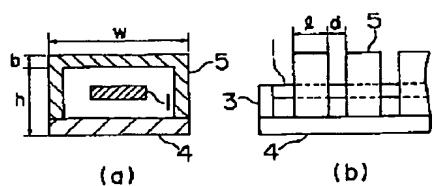
【図2】



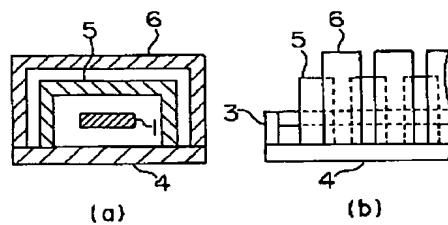
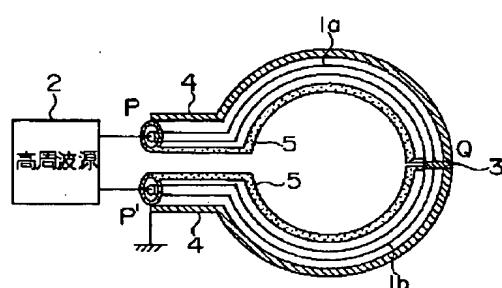
【図4】



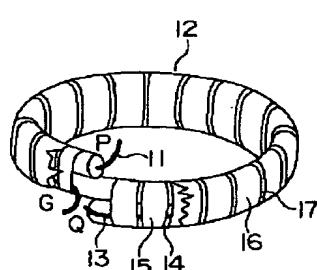
【図3】



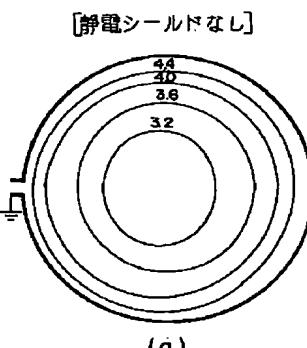
【図5】



【図7】

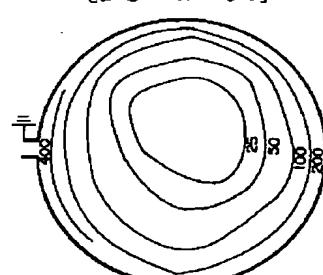


【図8】

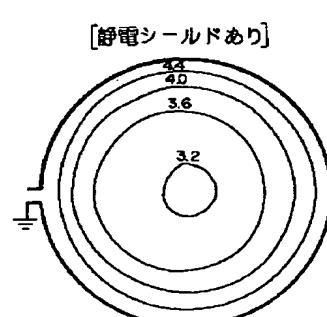


[静電シールドなし]

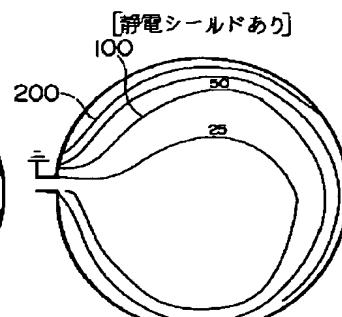
【図9】



[静電シールドなし]

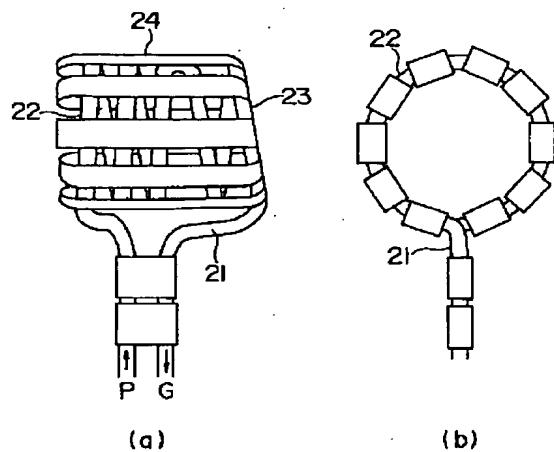


[静電シールドあり]

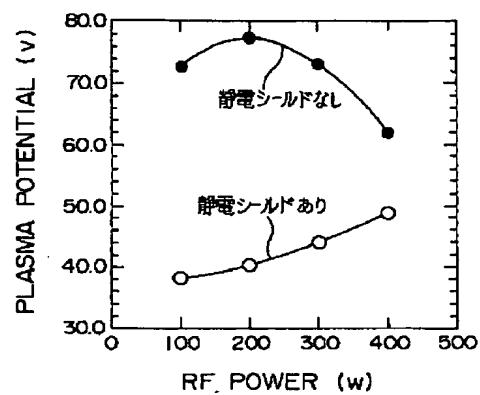


(b)

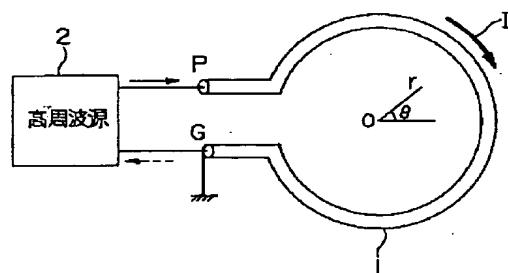
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72) 発明者 大久保 通子

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内